

小学生における着地緩衝能の基礎的研究

山本 博男*・直江 義弘**・蒲生ゆかり***

Developmental Biomechanics of the Landing Shock Absorbing Ability during Drop Jump Exercise for Elementary School Children

*Hiroh YAMAMOTO・**Yoshihiro NAOE・***Yukari GAMOH

はじめに

跳び降り動作で、身体にとって大切なことは、床面から受ける衝撃力をいかに弱め、安全に着地するかである。この着地時の衝撃を弱める能力、すなわち着地緩衝能は、特にスポーツ活動においては、次の動作への移行、また連続的な動作を行うためにも重要な能力の一つである。

一般に、2～3歳頃には未熟で³⁾こちないながらも跳び降りが可能となる。運動経験が増し、諸機能が発達するにつれて、衝撃力を緩衝することも可能となる。例えば、末利らの研究によると、着地緩衝能の発達傾向は男女類似しており、13～14歳頃に成人の水準に達すると報告されている。⁷⁾⁸⁾⁹⁾ 従来、着地緩衝能の研究は数多くなされている。¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾ しかし、着地動作を発育・発達からみた研究はほとんどない。

従って、本研究の目的は年齢を追うにつれ、着地緩衝能の指標である最大荷重の体重比及び最大荷重出現時間がどのように推移していくか、また、緩衝動作となる膝関節、足関節の調整及び上体の使い方がどのように発達していくかを検討することである。

I 方 法

1 被検者及び実験手順

本研究の被検者は金沢市立十一屋小学校1年から6年（6—12歳）までの健康な男子児童各10名、計60名であった。表1に被検者の身体的特性を示した。

Table 1 Physical characteristic of Subjects

Grade	Items	Height [cm]	Weight [kg]
1	\bar{X}	119.8	22.0
	S. D.	3.78	1.37
2	\bar{X}	126.4	25.1
	S. D.	2.53	2.08
3	\bar{X}	127.8	25.9
	S. D.	5.21	2.84
4	\bar{X}	137.6	30.9
	S. D.	4.02	2.79
5	\bar{X}	140.1	33.2
	S. D.	6.06	4.36
6	\bar{X}	147.5	38.7
	S. D.	9.50	6.76

降下台にはとび箱4段と6段の2種類を利用した。とび箱の高さは4段が40cm、6段が60cmであった。

被検者をとび箱の上に直立姿勢で立たせ、検

昭和62年9月16日受理

* 金沢大学教育学部

** 金沢大学大学院

*** 石川県庁農林水産部農政課

者の合図でとび箱の前方40cmに設定したフォースプレート上の中央に両足をそろえて跳び降り着地させた。その際、できるだけ柔かく音を出さないように着地し、速やかに静止するように指示した。

試技3回とも床反力波形を求めた。床反力波形はフォースプレート（竹井機器製）を用い、上下・前後方向の荷重をペーパースピード100 mm/secで記録した。また、試技3回目に被検者の着地地点より右真横方向17.15mから16mmカメラ撮影を行なった。（図1）。

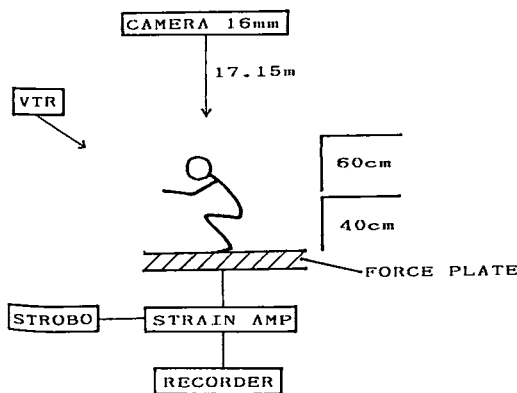


Figure 1 Position of apparatus used in the experiment

2 分析項目

(1) 床反力波形による分析

本研究では、末利らの研究に基づき、⁷⁾⁸⁾⁹⁾着地時における上下方向の最大荷重の体重比及び最大荷重出現時間の二測度を緩衝能の指標とした。

図2は4年生被検者の記録の一例である。aは最大荷重(Peak Force), bは体重(Weight), cは最大荷重出現時間(Peak Force Time)であり、結果の分析には最大荷重を体重で除したa/bと最大荷重出現時間cを用いた。3回の試技における平均値を各被検者の緩衝能の成績とし、各学年における平均値を各被検者の緩衝能の成績とし、各学年における最大荷重の体重比と

最大荷重出現時間の平均値と標準偏差を算出した。

尚、平均値の差の検定において本研究で用いた有意水準は5% ($P < 0.05$) と1% ($P < 0.01$) であった。

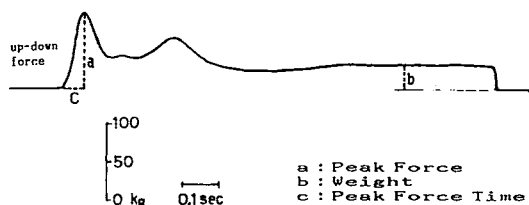


Figure 2 A sample of record (subj. K. H. : grade 4 28.9kg)

(2) フィルム・モーションアナライザーによる動作分析

緩衝動作となる各関節部の調整や上体の使い方を比較するため、足首、膝、腰、それぞれの関節部における角度変化を着地の3コマ前から50コマまで求めた。

さらに、被検者の動作フォームをより顕著に表わすため、頭頂、肩、腰、膝、足首、爪先の計6点によるスティックピクチャーを求めた。

II 結 果

1 床反力波形による分析

P. F./W に関して、両条件における発達の経過はよく似ている（図3）。ともに1年が最も大きく、体重の約5～6倍の値を示している。また、学年が進むにつれ、その値は小さくなり、5～6年では体重の約2～3倍の値となっている。特に、1, 2年間に於いて数値が大きく減少した。また、両条件における緩衝反応の差(60 cm時における P. F./W—40cm時における P. F./W)は、1年から順に0.83, 0.54, 0.68, 0.57, 0.51, 0.51で、1年以外は各学年ともほぼ同じである。

P. F. Time に関して、両条件とも3年、6年を除けば、学年が大きくなるにつれ、P. F. Time

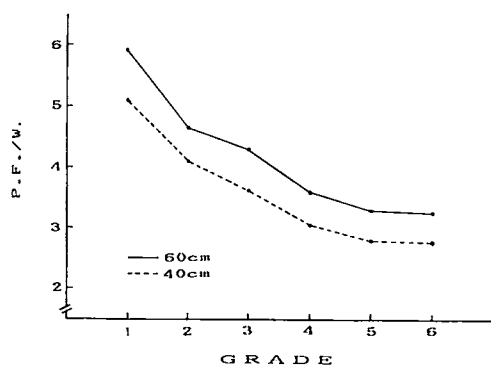


Figure 3 Comparison between two starting levels (40,60cm) in the P. F./W.

は長くなっている。特に3年は2年と比較すると短い。また、2年から6年は40cm時の方が60cm時より P. F. Time が長い、1年はそれが逆になっている (図4)。

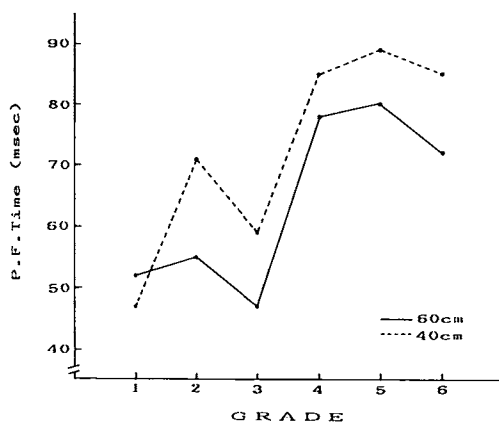


Figure 4 Comparison between two starting levels (40,60cm) in the P. F. Time

2 フィルム分析

(1) 身体各部の角度変化

a 足首の角度変化

被検者 S. K. (1年), T. O. (2年), T. T. (3年), K. Y. (4年) の4名と被検者 Y. H. (5年), S. T. (6年) の2名とを比較すると、角度変化に顕著な差がみられる。1～4年の4名は足首の角度が着地直後に急激に小さくなっているのに対し、5・6年の2名は約0.25～0.35秒

まで時間をかけて徐々に小さくなっている (図5)。

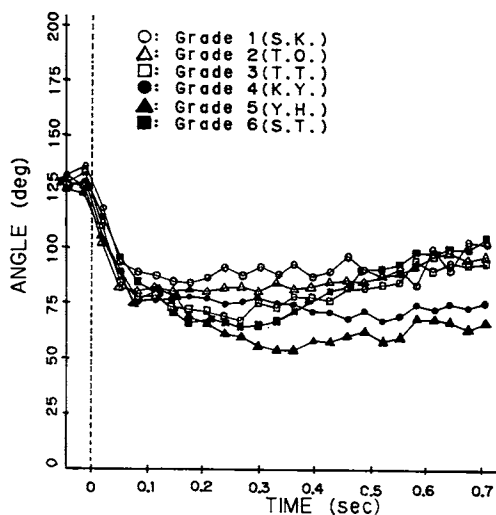


Figure 5 Change of angles of ankle

b 膝の角度変化

被検者 Y. H. (5年) は角度変化が最も大きく、膝角度が約0.3秒後の約40度になるまで徐々に小さくなっている。被検者 S. K. (1年) と T. O. (2年) を他の被検者と比較すると、膝の角度変化は小さい (図6)。

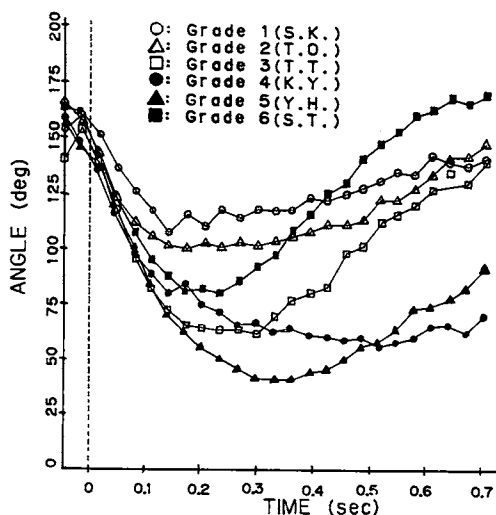


Figure 6 Change of angles of knee

c 腰の角度変化

被検者 Y. H. (5 年), T. T. (3 年), K. Y. (4 年) は腰角度が最小時で 50 度以下であり, 他の被検者と比較すると角度変化は大きい。一方, 被検者 S. K. (1 年) と S. T. (6 年) は最小時でも 100 度以上であり, 角度変化は小さい (図 7)。

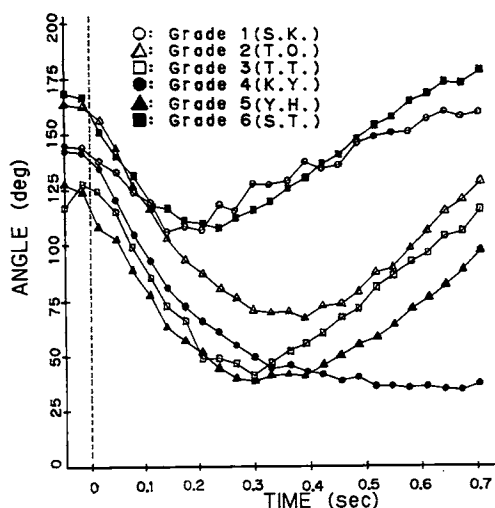


Figure 7 Change of angles of hip

(2) 頭頂・肩・腰・膝・足首・爪先のスティックピクチャー

足首の動きに関して, 両条件においても 1 年から 4 年まではほぼ同じ角度まで屈曲しているが, 5・6 年はより深く屈曲している。膝の動きに関して, 両条件においても 1 年から 5 年までは学年が進むにつれ, 深く屈曲しているが, 6 年は 4・5 年に比べ屈曲の割合が少ない。上体の傾きに関して, 両条件においても 1 年から 5 年までは学年が大きくなるにつれ, 前傾が大きくなっている。40cm 時の S. T. (6 年) はほとんど前傾動作が見られないが 60cm 時はやや前傾動作が見られる。しかし, その割合は 2 年から 5 年に比べ少ない (図 8)。

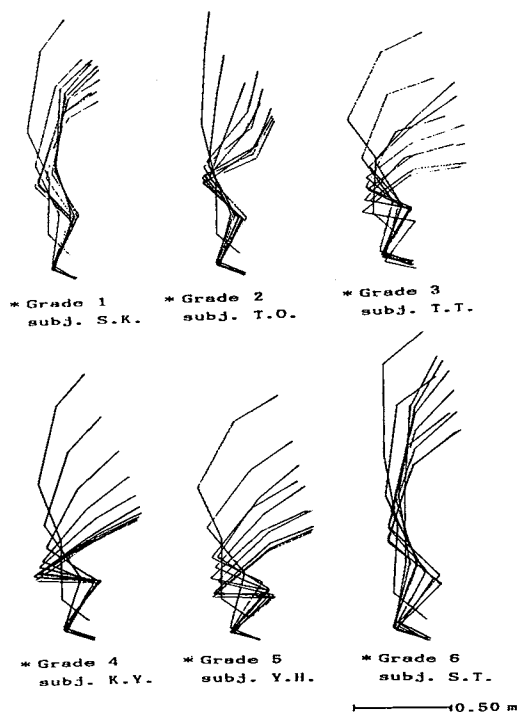


Figure 8 Stick Picture <40cm>

III 考 察

1 床反力波形による分析

本研究では, P. F. / W の発達においては末利らの報告⁷⁾⁸⁾⁹⁾とはほぼ一致しているが, P. F. Time においては順調な発達が見られず, 報告と一致しなかった。しかし, これは P. F. が床反力波形の 2 つ目の山で出現している被検者の存在によって P. F. Time の学年平均値が大きく左右されたと考えられる。本研究では, 被検者が各学年 10 名ずつであるため, 2 つ目の山で P. F. が出現している被検者が 1 人でも存在すれば, 学年平均値は大きくアップし, また標準偏差も大きくなると考えられる。

一方, 前後の学年及び両条件において比較した時, P. F. Time が短いと思われるのは 1 年の 40cm 時, 3 年の 40cm 時, 60cm 時及び 6 年の 40cm 時, 60cm 時であり, これらはほぼ一致した。

即ち、以上のことも考慮に入れて本研究の P. F. Time における発達傾向をみたなら、ほぼ順調な発達であったと言えるのではないだろうか。

本研究では、学年平均値を比較する場合においては、P. F. Time を緩衝能の指標とすることはできないと思われる。従って、P. F./W を緩衝能の指標として各学年間における発達傾向をみると、1～2年間で顕著な向上を示し、それ以後は徐々に発達を続けていると考えられる。

また、着地緩衝能の発達傾向は男女類似しており、13～14歳頃に成人の水準に達するという末利らの報告⁷⁾⁸⁾⁹⁾から考えると、本研究における5～6年の P. F./W はほぼ成人の水準に近いと推測される。

2 フィルム分析

足首の角度変化について、被検者 S. K. (1年)、T. O. (2年)、T. T. (3年)、K. Y. (4年)の4名は着地直後に足首角度が急激に小さくなっていることから、足首を柔かく使っていないため、大きな衝撃力を受けていると考えられる。

被検者 S. K. (1年)は、膝や上体の屈曲においても弾力的な作用がみられないため、緩衝動作はほとんど行なわれていないと考えられる。また被検者 T. O. (2年)、T. T. (3年)、K. Y. (4年)は膝及び上体を使うことにより、少しでも衝撃力を吸収しようとしていると考えられる。

被検者 Y. H. (5年)、S. T. (6年)の2名が他の4名と明らかに違うことは、足首の角度変化において着地から約0.25～0.35秒まで時間をかけて徐々に小さくなっているという点である。これは足首の弾力的な作用によって、爪先接地から踵接地までの時間が延長されたと考えられる。

被検者 Y. H. (5年)は足首・膝・腰の角度変化が大きくスムーズであることから、各関節部の調整の仕方及び上体の使い方が優れていると

考えられる。

被検者 S. T. (6年)は被検者 Y. H. (5年)と比較すると、身体各部の角度変化が小さい。しかし、60cm時の方が角度変化が大きいことより、衝撃力の大きさに比例した筋、神経系の支配が同期して有効に筋群や関節部が働いたと考えられる。

スティックピクチャーによる着地動作において、両条件においても1年から4年までは学年が進むにつれ膝の屈曲が深くなり、上体の前傾の割合が大きくなっている。さらに Y. H. (5年)は足首の屈曲も深くなっている。それに比べ S. T. (6年)は40cm時は足首は深く屈曲しているが膝の屈曲は浅く、上体の前傾はほとんど見られない。しかし、60cm時は40cm時に比べ足首、膝は深く屈曲し、上体の前傾も見られる。以上の結果から1年から4年までは床からの衝撃は主に膝の屈曲と上体の前傾で緩衝し、学年が進むにつれ、その使い方が優れてくると思われる。被検者 Y. H. (5年)はさらに足首も上手に使い、身体全体で床からの衝撃を緩衝していると思われる。被検者 S. T. (6年)において、40cm時にほとんど上体の前傾が見られず60cm時にやや前傾が見られたのは被検者 S. T. が40cm位の高さからの衝撃に膝、足首の屈曲だけで十分緩衝できる脚力を持っていたためと考えられる。

小学生、特に低学年において緩衝能の発達は著しい。この年代に量と質の両側で十分な運動の経験をさせることによって、より優れた緩衝能が養われるであろう。

IV 結 論

本研究の結果、次のようなことが言えると思われる。

1. P. F./W における発達の経過はよく似ており、ともに1～2年間で顕著な向上を示し、それ以後は徐々に発達を続けていった。
2. P. F. Time においては、両条件ともに学年による順調な発達がみられなかったが、これ

は、P. F. が床反力波形の 2 つ目の山で出現している被検者の存在によって P. F. Time の学年平均値が大きく左右されたためと考えられる。

3. P. F./W の両条件における緩衝反応については、その差が 1 年は他の学年と比較すると多少大きかったが、2 年以後はほぼ一定であった。

P. F. Time については、2 年から 6 年は 40 cm 時の方が 60 cm 時より長かったが、1 年はそれが逆になった。この 1 年の逆転は P. F. が床反力波形の 2 つ目の山で出現している被検者が 40 cm 時には存在しないのに対し、60 cm 時には 1 人存在しており、そのために起こったと考えられる。

4. 1 年から 5 年の 5 名の被検者においては、学年が進むほど各関節及び上体を大きく使っており、衝撃力を吸収することに優れていると考えられる。被検者 S. F. (6 年) は被検者 Y. H. (5 年) と比較すると身体各部の角度変化は小さいが、衝撃力の大きさに比例して有効に各関節及び上体を使ったと考えられる。

V 参 考 文 献

- 1 Coleman J., M. Adrian and H. Yamamoto: The teaching of mechanics of jump landing, 2nd National Symposium on Teaching Kinesiology and Biomechanics in Sports. Colorado Springs, Colorado, U. S. A., 1984.
- 2 福留彰教・田島東海男・大高敏弘ほか: 床反力から見た着地緩衝能の評価, 体育学研究, 29, 3, 217—225, 1984.
- 3 ゲゼル, A: 乳幼児の心理学—出生より 5 歳まで—, 山下俊郎訳, 家政教育社, 1966.
- 4 日丸哲也・永田晟・金本益男ほか: とびおり動作の着地時 Shock の研究(1)—緩衝作用の過程について—, 東京都立大学体育学研究室紀要, 5, 29—36, 1974.
- 5 永田晟・室増男・日丸哲也: 緩衝能の測定に関する研究—着地動作時の床反力波形の分析—, 体育学研究, 24, 1, 51—58, 1978.
- 6 永田晟・室増男・日丸哲也: 着地動作における緩衝的運動調節について, 体力科学, 28, 81—87, 1979.
- 7 末利博・千駄忠至・野原弘嗣: 運動と関係の深い感覚知覚の発達についての研究, 体育科学, 3, 167—175, 1975.
- 8 末利博・千駄忠至: 調整力の指標としての緩衝能の発達と緩衝能テストの検討, 体育科学, 4, 142—149, 1976.
- 9 末利博・千駄忠至・鷹野健次: 調整力の指標としての緩衝能の発達と緩衝能テストの検討(その 2), 体育科学, 6, 145—156, 1978.
- 10 末利博: 緩衝動作のイメージトレーニングについて, 体育の科学, 35, 5, 375—379, 1985.
- 11 山並義孝・岩垣丞恒・中野昭一: 立体的な運動動作の追跡と生理機能との関連(Ⅲ)—着地動作における調節機構について—, 日本生理学雑誌, 37, 8, 9, 206, 1975.